

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Landasan Teori**

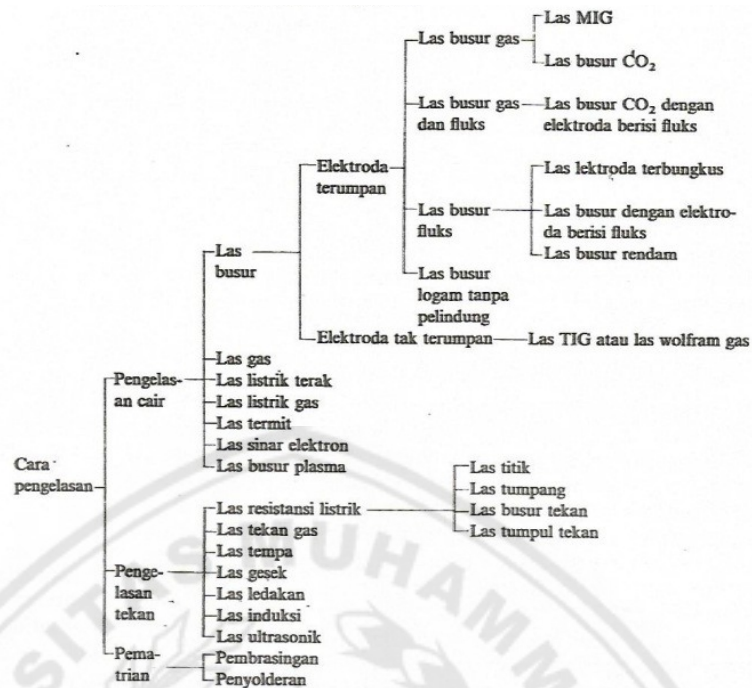
Pengelasan (*welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam tambahan dan menghasilkan sambungan yang kontinyu. Pengelasan dapat dibedakan menjadi tiga yaitu, pengelasan mencair (*fusion welding*), pengelasan tak mencair (*solid state welding*) dan soldering and brazing (Wikipedia).

#### **2.2 Klasifikasi Cara-Cara Pengelasan**

Berdasarkan Klasifikasi pengelasan dapat dibagi dalam tiga kelas utama yaitu: pengelasan cair, pengelasan tekan dan pematrian.

1. Pengelasan cair adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar.
2. Pengelasan tekan adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu.
3. Pematrian adalah cara pengelasan dimana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah.

Dalam cara ini logam induk tidak turut cair. (Wiryosumarto, 2008: 7)



**Gambar 2.1 : Klasifikasi Cara Pengelasan.** (Wiryosumarto, 2008: 8)

### 2.2.1 Las Gesek (Friction Welding)

Las gesek atau Friction welding adalah termasuk *force welding* dengan panas yang diperoleh dari energi mekanik atau menimbulkan panas dengan cara mekanis disertai tekanan. Pengertian itu dalam arti yang lebih redaksional bisa disempurnakan bahwa las gesek adalah pengelasan dimana padanya terjadi perubahan energi mekanis menjadi panas dengan cara menggesekkan dua permukaan yang akan di las hingga mencapai temperatur tertentu.

Untuk mendapatkan sambungan yang baik maka setelah temperatur las dicapai gesekan dihentikan dan untuk beberapa saat tekanan masih diteruskan.

Secara operasional pengertian diatas dapatlah diperjelas dari prosedur pengelasannya yaitu melalui urutan aktivitas-aktivitas dari pengelasan poros yang sama:

1. Satu bagian yang akan di las di klem, sedang yang lain diputar dengan cepat dan diberikan tekanan ke arah axial mendekati satu sama lain.
2. Putaran dipercepat, dua permukaan kontak, terjadi gesekan.
3. Karena gesekan, permukaannya meleleh dan dengan tambahan tekanan terjadi *upset* (melotot)
4. Putaran dihentikan mendadak, sementara tekanan dinaikkan.

Dari uraian kerja diatas, maka peralatan yang diperlukan adalah sistem pengereman yang mampu menjawab parameternya (yaitu tekanan karen gaya axial serta putaran). Namun demikian untuk keperluan mutu las-lasan meski dipersyaratkan yaitu:

1. Bidang yang hendak digesekkan haruslah saling tegak lurus satu sama lain.
2. Diameter kira-kira harus sama.
3. Temperturnya adalah temperatur cair, untuk baja karbon harus diatas

$A_3 = 1650\text{ }^{\circ}\text{F}$  yaitu antara 2100 s/d 2500  $^{\circ}\text{F}$ . Sedang temperatur cairnya sendiri pada 2700  $^{\circ}\text{F}$ . (Suharto, 1991: 177)

Beberapa keuntungan las gesek, yaitu:

1. Hasil dari sambungan las gesek tidak menghasilkan terak.
2. Biaya yang murah.
3. Tidak memerlukan logam pengisi, Pelindung *flux*, gas pelindung selama proses pengelasan.

4. Lebih menghemat material.
5. Dapat menyambung material yang serupa maupun menyambung

material yang berbeda jenisnya.

Disamping itu las gesek juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu :

1. Material yang bisa dilas gesek hanya material berbentuk bulat.
2. Benda yang akan dilas harus simetris.
3. Ketika akan menyambung dua material yang berbeda kita harus

mengetahui spesifikasi dari ke dua material tersebut.

Berdasarkan cara penggesekannya *friction welding* dibagi menjadi dua yaitu :

1. *Linear Friction Welding*

Las gesek dengan sumber panas berasal dari gesekan kedua permukaan benda kerja itu sendiri. *Linear friction welding* merupakan metode pengelasan yang memanfaatkan sumber panas/kalor yang berasal dari hasil gesekan kedua permukaan benda kerja itu sendiri, dimana salah satu benda kerja berputar dan satu benda lainnya tidak berputar namun menekan.



**Gambar 2.2: Mekanisme *Linear Friction Welding***

Sumber : Mikell P. Groover, 2010 : 736

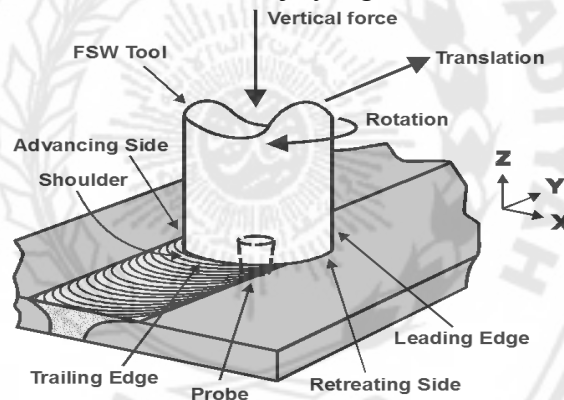
Pada pengelasan las gesek ini terdapat parameter - parameter utama yang harus diperhatikan ketika proses penyambungan dengan metode las ini, parameter-parameter tersebut yaitu :

- *Rotation speed* (kecepatan putaran)
- *Friction pressure* (tekanan penggesekan)
- *Friction time* (waktu penggesekan)

- *Upset pressure* (tekanan akhir/tekanan tempa)
- *Upset time* (waktu penekanan tempa)

## 2. *Friction Stir Welding*

Las gesek dengan sumber panas berasal dari gesekan antara benda kerja dan pahat (*tools*). *Tool* yang berputar dan dimakamkan pada garis sambungan tersebut menghasilkan panas serta secara mekanis menggerakkan (*stirring*; bentuk dasar: *stir*, sehingga diberi nama *friction stir welding*) logam untuk membentuk sambungan las. Perbedaan *friction stir welding* dengan *friction welding* adalah pada *friction stir welding* panas gesekan dihasilkan oleh *tool* tahan aus, sedangkan pada *friction welding* berasal dari benda kerja yang akan disambung itu sendiri.



**Gambar 2.3: Mekanisme *Friction Stir Welding***

Sumber : Mikell P. Groover, 2010 : 737

Sedangkan pengaplikasian *Friction stir welding* digunakan di bidang *aerospace*, otomotif, kereta, dan perkapalan. Jenis sambungan yang digunakan adalah *butt joint*. Logam yang dapat dilas dengan FSW antara lain: aluminium, baja (*steel*), titanium, dan tembaga. Selain logam ada material lain yang dapat dilas dengan FSW yakni polimer dan komposit.

**Kelebihan *friction stir welding* antara lain:**

- (1) Sifat mekanis sambungan baik.
- (2) Terhindar dari asap beracun dan masalah-masalah lain yang dapat dijumpai pada *arc welding*.
- (3) Distorsi atau penyusutan kecil.
- (4) Bentuk las bagus.

***Friction Stir Welding* juga memiliki kelemahan yaitu:**

- (1) Terdapat lubang ketika kita menarik *tool* dari benda kerja.
- (2) Penjepitan benda kerja harus kuat.

## **2.3 Kekuatan Sambungan Las**

### **2.3.1 Kekuatan Statik**

#### **a. Sifat-sifat Kekerasan**

Sifat Kekerasan yang dimaksudkan disini adalah sifat-sifat yang berhubungan dengan pengujian kekerasan. Dalam sambungan las sifat kekerasan sangat dipengaruhi oleh sifat dari logam induk, sifat daerah HAZ, sifat logam las dan sifat-sifat dinamik dari sambungan berhubungan erat dengan geometri dan distribusi tegangan dalam sambungan.

#### **b. Kekuatan Logam Las**

Dalam konstruksi las selalu digunakan logam las yang mempunyai kekuatan dan keuletan yang lebih baik atau paling tidak sama dengan logam induk. Tetapi karena proses pengelasan kekuatan dan keuletan logam dapat berubah. Dalam hal logam las sifat ini dipengaruhi oleh keadaan, cara dan prosedur pengelasan. Disamping itu juga tergantung pada tempat pengambilan batang uji (Wiryosumarto, 2014 : 183).

### 2.3.2 Efisiensi Sambungan Las

Efisiensi sambungan didefinisikan sebagai faktor penurunan terhadap tegangan boleh dari logam induk yang dirumuskan sebagai berikut

$$\text{Efisiensi sambungan}(\eta) = \frac{\text{tegangan boleh dari sambungan}(\sigma_{bw})}{\text{tegangan boleh dari logam induk}(\sigma_b)}$$

Besarnya efisiensi sambungan ditentukan berdasarkan bahan las, cara pengelasan, cara pemeriksaan dan keadaan tempat penggunaan sambungan.

Secara lebih terperinci hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan  $\eta$

adalah :

1. Bahan las
2. Cara mengelas : las busur tangan, las busur terendam dan lain sebagainya.
3. Tempat pengelasan : di pabrik atau di lapangan dan posisi pengelasan, datar, atas kepala dan lain-lainnya.
4. Laku panas : pembebasan tegangan sisa, pemanasan mula dan lain-lain.
5. Penyelesaian.
6. Persiapan permukaan.
7. Jenis pemeriksaan.
8. Jenis dari sambungan : las sudut, dengan penguat dan lain-lainnya.
9. Jenis beban : statis, dinamis aatau beban tumbuk.
10. Keadaan penggunaan : suhu, tekanan, atmosfir dan lain sebagainya.

| Jenis sambungan |  | Efisiensi sambungan (%) |                         |                      |
|-----------------|--|-------------------------|-------------------------|----------------------|
|                 |  | Uji radiografi penuh    | Uji radiografi sebagian | Tanpa uji radiografi |
| (1)             | Las tumpul kedua sisi  | 100                     | 95                      | 70                   |
| (2)             | Las tumpul dengan pelat pembantu                                   | 90                      | 85                      | 65                   |
| (3)             | Las tumpul satu sisi   | —                       | —                       | 60                   |
| (4)             | Sambungan tumpang dengan las sudut dua sisi                        | —                       | —                       | 55                   |
| (5)             | Sambungan tumpang dengan las sudut satu sisi dan las isi satu sisi | —                       | —                       | 50                   |
| (6)             | Sambungan tumpang dengan las sudut satu sisi                       | —                       | —                       | 45                   |

**Gambar 2.4 : Efisiensi sambungan.** (Wiryosumarto, 2008 : 188)

## 2.4 Pengujian Tarik

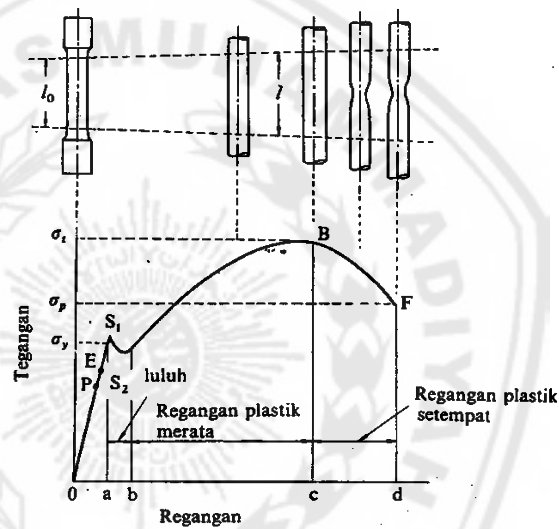
Proses pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari kelompok *raw materials*. Pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik dimaksudkan untuk mengetahui berapa nilai kekuatannya dan dimanakah letak putusnya suatu sambungan las. Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda.

Penarikan gaya terhadap beban akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) bahan tersebut. Proses terjadinya deformasi pada bahan uji adalah proses pergeseran butiran kristal logam yang



mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom logam hingga terlepas ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum.

Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan–pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva teganganregangan (Wiryosumarto, 2000).



**Gambar 2.5: Kurva tegangan-regangan.**

Sumber : Wiryosumarto, 2008 : 182

Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan–pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva teganganregangan.

Tegangan dapat diperoleh dengan membagi beban dengan luas penampang mula benda uji.

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o} \quad (2.2)$$

Dimana:  $\sigma_u$  = Tegangan nominal (kg/mm<sup>2</sup>)

$F_u$  = Beban maksimal (kg)

$A_o$  = Luas penampang mula dari penampang batang (mm<sup>2</sup>)

Regangan (persentase pertambahan panjang) yang diperoleh dengan membagi perpanjangan panjang ukur ( $\Delta L$ ) dengan panjang ukur mula-mula benda uji.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o} \times 100 \% \quad ; \quad \frac{L - L_o}{L_o} \times 100 \% \quad (2.3)$$

Dimana:  $\varepsilon$  = Regangan (%)

$L$  = Panjang akhir (mm)

$L_o$  = Panjang awal (mm)

Pembebanan tarik dilakukan terus-menerus dengan menambahkan beban sehingga akan mengakibatkan perubahan bentuk pada benda berupa pertambahan panjang dan pengecilan luas permukaan dan akan

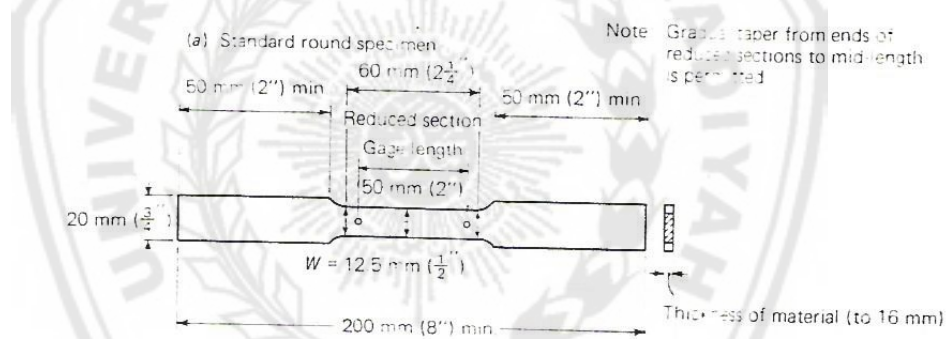
mengakibatkan kepatahan pada beban. Persentase pengecilan yang terjadi dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$q = \frac{\Delta A}{A_0} \times 100 \% \quad \text{atau} \quad \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100 \% \quad (2.4)$$

Dimana:  $q$  = Reduksi penampang (%)

$A_0$  = Luas penampang mula ( $\text{mm}^2$ )

$A_1$  = Luas penampang akhir ( $\text{mm}^2$ )



**Gambar 2.6: Spesimen uji tarik standart ASTM E 8**

Sumber: Davis, 1982: 129

## 2.5 Standar ASTM

ASTM Internasional merupakan [organisasi](#) internasional sukarela yang mengembangkan standardisasi teknik untuk material, produk, sistem dan jasa. ASTM Internasional yang berpusat di [Amerika Serikat](#) yang dibentuk pada tahun 1898 oleh sekelompok ilmuwan. ASTM merupakan singkatan dari [American Society for Testing and Material](#), dibentuk pertama kali pada tahun 1898 oleh

sekelompok [insinyur](#) dan ilmuwan untuk mengatasi bahan baku [besi](#) pada rel [kereta api](#) yang selalu bermasalah. Sekarang ini, ASTM mempunyai lebih dari 12.000 buah standar. Standar ASTM banyak digunakan pada negara-negara maju maupun berkembang dalam penelitian akademisi maupun industri. (<https://id.wikipedia.org/wiki>)

## 2.6 Penelitian Terdahulu

Muhammad Husen Bahasa, (2011) melakukan penelitian Analisa Pengaruh Waktu Gesekan Dengan Metode Direct Drive Friction Welding Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik Baja ST 41 Sebagai Alternative Pengganti Proses Produksi As Roda Sepeda Motor. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui kekuatan sambungan terhadap variasi waktu gesekan saat pengelasan dengan metode direct drive friction welding terhadap kekuatan tarik pada baja ST 41. Proses yang dilakukan adalah dengan tekanan gesek sebesar 173,45 kg/mm<sup>2</sup> dan tekanan tempa 1300 kg/mm<sup>2</sup>, kemudian diberi variasi waktu gesekan 25, 35, 45, dan 45 detik dan menggunakan baja ST 41 sebagai benda kerja, Didapat semakin lama waktu gesek maka sifat mekanik sambungan las akan semakin membaik (45 detik), akan tetapi sifat mekanik akan kembali menurun jika waktu terlalu lama (55 detik).

Poedji Haryanto, dkk., (2011) melakukan penelitian Pengaruh Gaya Tekan, Kecepatan Putar dan Waktu Kontak Pada Pengelasan Gesek Baja ST 60 Terhadap Kualitas Sambungan Las. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh gaya tekan, kecepatan putar dan waktu kontak pada pengelasan gesek

sambungan lasan gesek langsung pada baja ST 60. Didapatkan dengan waktu gesekan 38 detik dihasilkan tegangan tarik maksimum 726,57, semakin lama waktu gesekan tegangan tarik maksimum cenderung menurun. Pada nilai kekerasan terjadi peningkatan harga kekerasan pada daerah sambungan yang mencapai 65 HRB, sedangkan kekerasan dari material asli sekitar 52 HRB. Untuk struktur mikro pada sambungan terjadi pemadatan strutur dibandingkan diluar sambungan, hal ini menunjukkan peningkatan kekuatan pada daerah sambungan.

